

STUDI POTENSI LIMBAH KOTA SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SAMPAH (PLTSa) KOTA SINGKAWANG

URAY IBNU FARUQ

Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak
Email: Oerayibnu25@gmail.com

Abstract - Source of electrical energy is currently the main problems in Singkawang city, this is because the number of population density increased annually. Besides, the problem of the amount of waste continues to rise, these two problems can be solved with one solution to convert a renewable energy that makes a potential where trash converted into power plant of waste to energy. To determine whether the waste can be a solution to the energy crisis by conducting a study of potential waste or garbage into fuel power plant. writing this essay described how rubbish can produce electrical energy for 24833.76 kWh / day if operating for one year amounted to 9,064,322.4 kWh / year or 9064.32 MWh / year, The first step is to know the total amount of organic waste per day, the number of calories in the organic waste, the amount of energy (kWh) / day, the capacity of power generation, the power output of the boiler, steam turbine net power.

Kata kunci : garbage of potential study, waste to energy, steam of power plant

1. Latar Belakang

Energi listrik merupakan kebutuhan energi yang banyak dibutuhkan dalam segi aspek kehidupan, semakin meningkatnya populasi manusia maka semakin banyak kebutuhan yang harus dipenuhi. Beberapa faktor yang mempengaruhi ketersediaan listrik di Indonesia, diantaranya ketersediaan energi primer, harga bahan bakar yang tidak selalu konstan, teknologi, dan pengaruh budaya masyarakat. Saat ini Perusahaan Listrik Negara (PLN) berupaya mengatasi peningkatan

kebutuhan energi listrik diantaranya peningkatan pembangunan pembangkit baru, pembelian listrik swasta, pembelian listrik dengan negara tetangga dan sistem sewa pembangkit dengan pihak ketiga. sering kali pertumbuhan beban tidak mampu diimbangi dengan penambahan pembangkit baru yang menimbulkan krisis energi listrik. Dengan jalur koneksi Area Singkawang yang menerangi Kota Singkawang pada tahun 2016 tercatat kapasitas mampu 21,548 MW memiliki kapasitas terpasang pembangkit sebesar 27,061 MW dengan beban puncak tertinggi 22,901 MW pada tahun 2012. Sumber energi listrik saat ini menjadi permasalahan yang pokok, disamping itu kota Singkawang sebagai kota administratif harus dihadapkan dengan pertumbuhan jumlah penduduk. Berdasarkan data Dinas Sosial Kependudukan dan Catatan Sipil Kota Singkawang pada tahun 2013, tercatat jumlah penduduk sebanyak 198.742 jiwa. Tempat pembuangan sampah akhir (TPA) di Kota Singkawang di TPA Wonosari limbah atau sampahnya tidak dipilah dan bersifat homogen. Serta pengolaannya menggunakan sistem *open dumping* (pembuangan terbuka), dimana sampah dibuang dan ditumpuk sedemikian rupa sehingga timbunan semakin hari semakin bertambah jumlahnya. Sistem pengelolaan *open dumping* kurang tepat dan tidak ramah lingkungan serta tidak diterapkannya pendekatan reduce, reuse, dan recycle (3R) yang sebenarnya dapat mengurangi dampak yang di timbulkan dari sampah, Berdasarkan data dari dinas

kebersihan kota singkawang volume sampah yang ada di tempat pembuangan akhir TPA wonosari berkisar 73.684 m³. Untuk sampah yang terangkut rata-rata per hari nya adalah 193,54 m³. Sumber, *dinas kebersihan Kota Singkawang 2015*. Proses pengolaan sampah dilakukan terhadap sampah-sampah yang bersifat combustible (mudah terbakar), namun terkadang ada beberapa sampah organik yang pengolahannya lebih baik dilakukan dengan cara metode pembakaran dari pada fermentasi atau pengkomposan. Maka dari itu untuk mengantisipasi adanya peningkatan penimbunan limbah atau sampah perlu dilakukan penekanan terhadap peningkatan volume sampah dengan mengolah sampah menjadi sumber bahan bakar yang akan sangat bermanfaat dalam penyediaan kebutuhan energi listrik serta menghemat bahan bakar dari fosil.

2. Pembangkit Listrik Tenaga Sampah

2.1. Umum

Pembangkit listrik tenaga sampah adalah pembangkit listrik yang berbahan bakar tenaga dari sampah yang sudah melalui proses. Dimana proses tersebut menggunakan teknologi tinggi yang ramah lingkungan. Konsep Pengolahan Sampah menjadi Energi (*Waste to Energy*) atau yang biasa disebut PLTSa (Pembangkit Listrik Tenaga sampah) menggunakan tiga teknologi yaitu, proses sampah dengan teknologi Thermal Converter Insinerator, Gasifikasi dan Fermentasi.

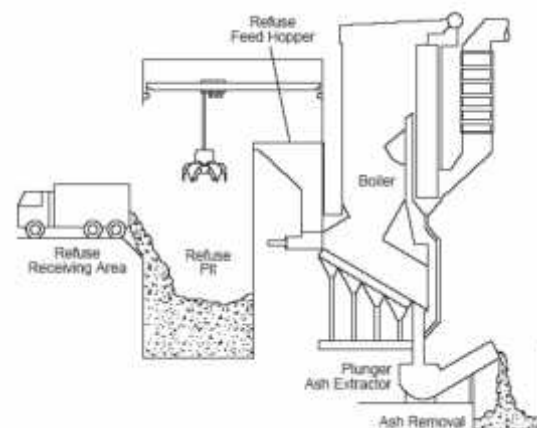
2.2. Teknologi yang dipergunakan Pada Pembangkit Listrik Tenaga Sampah

Sistem PLTSa ini menggunakan tiga metode dimana metode pertama menggunakan teknologi Insinerator yaitu dengan proses pembakaran. Selain menggunakan teknologi Insinerator PLTSa juga dapat menggunakan LFG terdiri atas collection system dan fermentasi sampah menjadi gas methan, serta pengolahan sampah menjadi listrik dengan menggunakan teknologi Gassifikasi. Berdasarkan teknologi yang telah

dikembangkan pengolahan sampah menjadi energi diantaranya sebagai berikut.

a. Teknologi Pembakaran langsung (*Incineration*)

Teknologi Pembakaran langsung (*Incineration*) adalah cara pengolahan sampah dengan cara pembakaran menggunakan sedikit bahan bakar pada saat pembakaran awal, yang akan memusnahkan seluruh jenis sampah yang dibakar dalam waktu cepat. Panas hasil pembakaran tersebut kemudian didinginkan dengan semprotan sirkulasi air sehingga menimbulkan "*Superheated Steam*" yang selanjutnya ditampung dalam boiler. Tenaga uap dalam boiler inilah yang akan menggerakkan turbin, kemudian turbin tersebut akan menggerakkan generator sehingga menghasilkan tenaga listrik.



Gambar 2.2 Ilustrasi gambar sistem teknologi Pembakaran Insinerasi (Sumber : Teknologi Pemanfaatan Sampah Kota Bandung Sebagai Energi 2007).

2.3. Potensi Sampah Menjadi Energi Listrik

Untuk mengetahui potensi sampah sebagai bahan bakar energi terbaharukan harusnya terlebih dahulu mengetahui nilai kandungan kalori yang dihasilkan, setelah nilai asumsi kalor didapat barulah mengetahui berapa kapasitas daya yang dihasilkan dari proses insinerator dan berapa kebutuhan bahan bakar yang diperlukan atau dari bahan bakar yang tersedia untuk saat ini.

Keterangan perhitungan analisa sampah organik :

V_{total} = volume sampah homogen
Kota Singkawang 193,54 m³/hari

N_{median} = persentase sampah organik 55%

$V_{organik}$ = volume sampah organik m³/hari

$V_{organik}$ = volume sampah organik Kota Singkawang 106,447 m³/hari
= berat jenis sampel sampah organik
984,38 kg/m³

M = berat sampah organik kg/hari

Untuk menentukan kapasitas termal sampah terhadap masukkan boiler serta daya yang dihasilkan oleh generator, harus diketahui jumlah volume sampah organik Kota Singkawang, setelah mengetahui jumlah volume sampah organik, kemudian mengetahui berat pada sampah organik dan memasukkan nilai kalori pada sampah, sehingga dihasilkan energi yang bisa dibangkitkan (kWh). Dengan mengambil jumlah berat sampel sampah organik di lokasi TPA rata - rata 787,5 kg untuk mencari rata-rata berat jenis 984,38 kg/m³, pengambilan sampel sampah organik untuk menentukan berapa berat jenis pada sampah organik dan jumlah persentase volume sampah organik di Kota Singkawang kisaran 55% dari rata – rata total volume sampah yaitu sebesar 193,54 m³/harinya Kota Singkawang.

$$V_{organik} = V_{total} \times N_{media} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$V_{organik} = \frac{M}{\rho} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$M = \rho \times V_{organik} \dots\dots\dots(2.3)$$

Jumlah kalori
(kkal) = Jumlah berat jenis sampah organik x
nilai kalori sampah organik(2.4)

Jumlah energi (kWh)
Perhari = jumlah kalori (kkal) x
0.00116 (KWh/kkal)(2.5)

Kapasitas termal sampah
= $\frac{\text{Jumlah Energi (kWh) / hari}}{\text{Jumlah jam / hari}} \dots\dots\dots(2.6)$

Daya keluaran pada boiler
= Kapasitas termal sampah x
Efisiensi boiler (2.7)

Daya netto Turbin Uap
= Daya Keluaran Boiler x
efisiensi turbin uap (2.8)

Daya keluaran Generator
= Daya netto Turbin Uap x
Efisiensi generator (2.9)

Setelah didapat daya dari keluaran generator sebesar (kW) maka energi listrik perhari yang dihasilkan adalah sebagai berikut :

W = energi listrik kWh
 P = daya keluran pada generator kW
 t = waktu 24 jam
 $W = P \times t \dots\dots\dots(2.10)$

3. Karakteristik Kondisi Data Sampah dan Kondisi Kelistrikan di Kota Singkawang

3.1. Kondisi Kelistrikan Kota Singkawang

Kota Singkawang merupakan kota administratif yang memiliki perkembangan di bidang industri maupun pariwisata hal ini membuat pihak PT PLN Area Singkawang memerlukan suplai energi listrik yang setiap tahunnya terus bertambah seiring laju kepadatan penduduk serta usaha – usaha di bidang terkait.

Tabel 3.1 Sistem Pembangkit Listrik Area Singkawang.

Tahun	Daya Terpasang (kW)	Produksi Listrik (kWh)	Kapasitas Mampu (kW)	Beban puncak (kW)
2011	21.517	80.498.981	18.667	18.307
2012	26.479	110.557.168	22.470	22.901
2013	26.787	111.485.208	23.350	22.479
2014	27.601	113.854.275	23.120	21.885
2015	27.348	109.436.199	23.348	22.265

Sumber : PT PLN Wilayah Kalimantan Barat Area Singkawang 2016.

Pada tahun 2015 tercatat produksi listrik sebesar 109.436.199 kWh. Dari tabel diatas bisa disimpulkan bahwa produksi listrik di Kota Singkawang menurun drastis dari tahun 2014 ke tahun 2015, hal ini dikarenakan tidak bertambahnya jumlah pembangkit, sehingga berpengaruh pada aspek kemampuan daya pembangkitan.

3.2. Data Sampah di Kota Singkawang

Jumlah sampah rata – rata setiap harinya berasal dari pemukiman, komersial, pasar, perkantoran, fasilitas umum, kawasan perindustrian, sapuan jalan, saluran, dan lain – lain. Berikut ini adalah penjabaran data sampah Kota Singkawang dari tahun 2011 ke tahun 2014 :

Tabel 3.7 Produksi sampah Kota Singkawang

NO	Uraian	VOLUME SAMPAH (M ³)				
		2011	2012	2013	2014	KET
1	volume sampah yang ada	71.080 m ³	71.950 m ³	72.581 m ³	73.684 m ³	
2	sampah yang dapat terangkut per tahun	64.252 m ³	64.945 m ³	70.080 m ³	70.642 m ³	
3	rata rata sampah terangkut per hari	176,03 m ³	177,45 m ³	192. m ³	193,54 m ³	

Sumber Dinas Kebersihan dan Perumahan Kota Singkawang 2015.

Volume rata – rata sampah terangkut per hari pada tahun 2014 adalah 193,54 m³, volume rata - rata sampah organik 55 % lebih banyak dari volume rata – rata sampah anorganik, untuk komposisi sampah organik di Indonesia kisaran 50 – 60% untuk daerah perkotaan besar mencapai 60% volume sampah organiknya.

4. Data Perhitungan dan Analisa

4.1. Jumlah Berat Jenis Sampah Organik Di TPA Wonosari

Berdasarkan tinjauan langsung pada lokasi TPA Wonosari Kota Singkawang memiliki timbulan atau volume sampah homogen yaitu, sampah organik dan anorganik

dicampur jadi satu tempat, oleh karna itu dilakukan observasi lapangan secara langsung dengan melakukan pemilahan dan pengambilan sampel sampah organik selama satu minggu serta menggunakan keranjang sampah dengan volume 0,8 m³ di dapat dari (0,02 m x 0,04 x 1 m).

Tabel 4.1 Sampel Sampah Organik

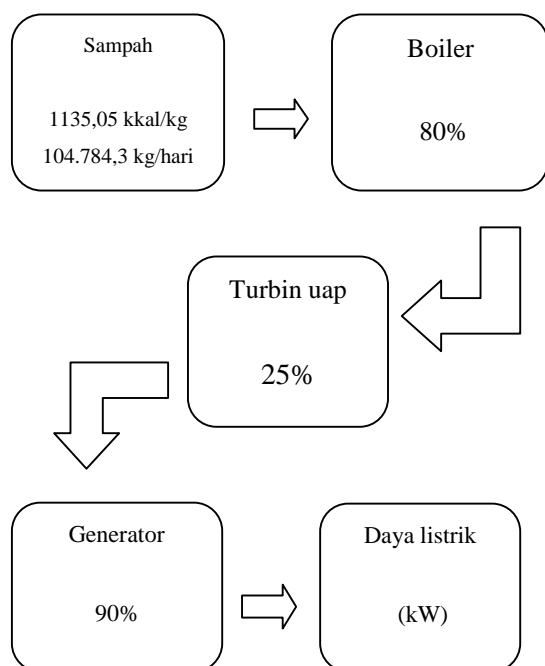
Hari	Organik		
	Berat (kg/hari)	Volume Keranjang Sampah (m ³ /hari)	Berat Jenis (kg/m ³)
1	500 kg	0,8 m ³	625 kg/m ³
2	700 kg	0,8 m ³	875 kg/m ³
3	700 kg	0,8 m ³	875 kg/m ³
4	800 kg	0,8 m ³	1000 kg/m ³
5	1200 kg	0,8 m ³	1500 kg/m ³
6	800 kg	0,8 m ³	1000 kg/m ³
7	800 kg	0,8 m ³	1000 kg/m ³
8	800 kg	0,8 m ³	1000 kg/m ³
Jumlah	6300 kg	6,4 m ³	7875 kg/m ³
Rata-rata	787,5 kg	0,8 m ³	984,38 kg/m ³

Dengan mengambil jumlah berat sampel sampah organik di lokasi TPA rata - rata 787,5 kg untuk mencari rata- rata berat jenis 984,38 kg/m³, jumlah persentase volume sampah organik di Kota Singkawang kisaran 55% dari rata – rata total volume sampah yaitu sebesar 193,54 m³/harinya, sampel ini diambil menggunakan sistem manual dengan bantuan petugas di TPA Wonosari. Jumlah total penduduk 198.742 jiwa dengan luas wilayah 504 km² Kota Singkawang. Timbulan atau jumlah volume sampah organik di Indonesia sekitar 50 – 60%, untuk wilayah Kota Singkawang kisaran 55% diambil dari median persentasi volume sampah organik, karena Kota Singkawang merupakan Kota administratif. Rata – rata pada sampah organik yang baru terangkut ke tempat pembuangan akhir memiliki kandungan air atau berat jenis sekitar 60% berdasarkan sumber pengolahan TPA Wonosari karna komposisi sampah tergolong basah, untuk

mengurangi kadar air sampah akan diendapkan kedalam wadah atau *bunker* selama 2 hari agar berkurang menjadi 50% kadar airnya.

4.2 Perhitungan Perkiraan Hasil Keluaran Daya Sampah Organik Dengan Teknologi Pembakaran Langsung

Pemanfaatan sampah sebagai energi alternatif memiliki beberapa keunggulan yaitu, dapat menjadi sebagai pembangkit tenaga listrik berbahan bakar sampah, hal ini dilakukan untuk mengurangi volume timbunan sampah yang juga dapat mencemari lingkungan. Perhitungan perkiraan hasil keluaran daya PLTSa berbahan bakar dari sampah organik ini didapat dengan menggunakan blok diagram masing – masing alat konversi energi dengan efisiensi yang bervariasi.



Gambar 4.1. Blok Diagram Efisiensi.

Sumber : Diagram efisiensi (Ario Basuki, 2007)

4.3. Hasil Analisa Potensi Energi Sampah Organik

Asumsi ini dibuat dengan pertimbangan pengambilan sampel jumlah berat sampel sampah organik di lokasi TPA rata - rata 787,5 kg untuk mencari rata- rata berat jenis 984,38

kg/m³, pengambilan sampel sampah organik untuk menentukan berapa berat jenis pada sampah organik dan jumlah persentase volume sampah organik di Kota Singkawang kisaran 55% dari rata – rata total volume sampah yaitu sebesar 193,54 m³/harinya di Kota Singkawang, jumlah 55% pada sampah organik ini diambil dari nilai median dari data sekunder komposisi sampah di Indonesia yaitu sampah organik di perkotaan besar memiliki 50 – 60% dari total sampah homogen. Jumlah sampah organik yang begitu melimpah tentunya akan cukup menghasilkan potensi pada rata - rata volume sampah organik 106,447 m³/hari setelah itu di dapat jumlah berat sampah organik sebesar 104.784,3 kg/hari. Dengan nilai kalor 1135,05 kkal/kg dan jumlah sampah organik yang tersedia rata – rata adalah 104.784,3 kg/hari berdasarkan sampel data sampah organik yang di ambil langsung pada lokasi TPA wonosari maka diperoleh energi termal yang masuk ke boiler sebesar 118.935.419,72 kkal/hari sesuai persamaan 2.4 adalah jumlah (kkal) x 0,00116 (kWh/kkal) = 137.965,09 kWh/hari. Untuk mencari kapasitas daya sesuai dengan persamaan 2.4 adalah jumlah energi (kWh) perhari dibagi jumlah jam perhari yaitu 24 jam, maka kapasitas daya pembangkitan sebesar 5.748,55 kW, ini belum memperhitungkan efisiensi boiler, turbin, dan generator. Kemudian asumsi efisiensi boiler dibuat berdasarkan harga tipikal boiler sampah yang beroperasi dengan sistem yang sama adalah sebesar 80% maka daya keluaran boiler sebesar 5.748,55 kW x 80% = 4.598,84 kW. Asumsi ini cukup relatif dengan efisiensi 80% ketimbang efisiensi boiler berbahan bakar batubara yang mencapai 85%. Untuk efisiensi turbin uap dibuat berdasar efisiensi siklus rankine yang berkisar antara 25 – 30%. Maka dipilih angka 25% untuk faktor keamanan dalam perhitungan. Sehingga keluaran daya bersih nya 4.598,84 kW x 25% = 1.149,71 kW yang digunakan untuk menggerakkan

generator. Kemudian efisiensi generator dipilih 90%, hasil keluaran daya bersih dikali dengan faktor efisiensi generator, $1.149,71 \text{ kW} \times 90\% = 1.034,74 \text{ kW}$. Pemanfaatan sampah dengan menggunakan teknologi pembakaran langsung atau insenerasi mampu menghasilkan daya keluaran dari generator sebesar 1.034,74 kW, setelah itu untuk mendapatkan energi listrik yang dihasilkan dari insenerasi perhari adalah daya keluaran generator dikali dengan 24 jam sebesar 24.833,76 kWh/hari jika beroperasi selama satu tahun sebesar 9.064.322,4 kWh/tahun atau 9.064,32 MWh/tahun.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

1. Proses sampah menjadi energi terbarukan mampu memberikan jawaban atas permasalahan penumpukan sampah di TPA Wonosari Kota Singkawang dengan mekanisme Insenerasi.
2. Timbulan sampah rata – rata setiap harinya di Kota Singkawang kisaran 55% dari rata – rata total volume sampah yaitu sebesar 193,54 m³/harinya.
3. Untuk teknologi pemanfaatan sampah sebagai energi terbarukan di kota Singkawang, diusulkan menggunakan teknologi pembakaran langsung karena dari tinjauan langsung ke lokasi tpa Wonosari dan prosesnya sangat cepat. Metode yang digunakan sangatlah relatif dan terbukti secara skala komersial.
4. Pemanfaatan sampah dengan menggunakan teknologi pembakaran langsung atau insenerasi mampu menghasilkan daya keluaran dari generator sebesar 1.034,74 kW, setelah itu untuk mendapatkan energi listrik yang dihasilkan dari insenerasi perhari adalah daya keluaran generator sebesar 24.833,76 kWh/hari dan beroperasi selama satu tahun sebesar 9.064.322,4 kWh/tahun atau 9.064,32 MWh/tahun.

5.2. Saran

1. Masih diperlukan studi lebih lanjut serta observasi lapangan yang melibati berbagai aspek – aspek terkait dengan penanganan sampah serta pengolahan sampah menjadi energi terbarukan.
2. Pengembangan energi terbarukan masih minim dilakukan diberbagai tempat, untuk Kalimantan Barat belum banyak dikembangkan khususnya pada pengolahan serta pemanfaatan sampah menjadi energi listrik.
3. Data yang dihasilkan untuk memulai studi potensi seharusnya lebih akurat serta data pada rata – rata volume sampah organik seharusnya sudah ada pada instansi terkait, agar untuk observasi pengembangan lebih mudah.
4. Dengan melakukan studi potensi limbah kota sebagai pembangkit tenaga listrik Kota Singkawang diharapkan kedepannya teknologi pemanfaatan sampah menjadi bahan bakar energi listrik bisa dikembangkan lebih sefesifik agar dapat membantu mengatasi masalah persampahan Kota serta mengatasi krisis energi listrik.

Refrensi

- Alan Nazli Haq. 2012. *Studi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah di Kota Banjarmasin*.
- Archie W. Culpjcdan Darwin Sitompul.1991. *Prinsip-prinsip Konversi Energi*. Jakarta :Erlangga.
- Ario Basuki Wibowo. 2007. *Kajian Awal Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Di Kota Bandung*.
- Badan Pusat Statistik Kota Singkawang, *Jumlah Kepadatan Penduduk Kota Singkawang tahun 2013*. 2015.
- Budiman Aris. Tesis 2015. *Kajian Tekno Ekonomi Potensi Sampah Kota Pontianak Sebagai Sumber Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)*.

Cokorde Indra Pharta. 2010. *Penggunaan Sampah Organik Sebagai Pembangkit Listrik di TPA Suwung – Denpasar*.

Damirin Muhammad dkk, *Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Dengan Teknologi Dry Anerobic Conversion*. Unnisula 2010.

Dinas Kebersihan Kota Singkawang, *produksi sampah kota singkawang berdasarkan cakupan Pelayanan Tahun 2011-2014*. 2015.

<http://ardi1933.blogspot.co.id>. Di akses pada tanggal 9 januari 2016 pada pukul 14.00 WIB.

Kadir.A. 1995, *Energi*, Universitas Indonesia (UI-press), Jakarta.

Kukuh Siswi Kuncoro. 2010. *Studi Pembangunan PLTSa 10 MWe di Kota Medan ditinjau dari aspek teknis, ekonomi, dan lingkungan*.

Pemerintah Kota Singkawang, 2015.

Prof. Ir. Abdul Kadir, 1982, *Pembangkit Tenaga Listrik*. UI Press, Jakarta.

PT PLN Wilayah Kalimantan Barat Area Singkawang, *Kondisi Kelistrikan Kota Singkawang*. 2015.

Sudrajat, *“Mengelola Sampah Kota”* Penebar Swadaya, Jakarta, 2007.

Biografi



Uray Ibnu Faruq, lahir di Singkawang Kalimantan Barat, Indonesia, pada tanggal 25 September 1991.

Memperoleh gelar Sarjana dari Program Studi Teknik Elektro Universitas Tanjungpura, Pontianak, Indonesia, 2016.

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Prof. Dr. Eng. Ir. Ismail Yusuf, MT
NIP. 19650318 199103 1 011

Pembimbing Pendamping,

Yandri, ST, MT
NIP. 19690329 199903 1 001